

REC 2004

*Ministero delle Attività Produttive*

*Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività  
Ufficio Italiano Brevetti e Marchi  
Ufficio G2*

REC'D 24 JUL 2003

WIPO PCT

**Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per: INV. IND.**

N. RC2002A000008 DEL 28/06/2002



*Si dichiara che l'unità copia è conforme ai documenti originali depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati risultano dall'accusato processo verbale di deposito.*

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

25 GIU. 2003

IL DIRIGENTE

Dr.ssa Maria Roberta Pasi

Best Available Copy



#### **RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNI PRINCIPALE**

PROSPETTO A

NUMERO DOMANDA | RC2002A0000 | REG. A

DATA DI DEPOSITO 12|8|/10|6|/2|0|0|2|

**NUMERO BREVETTO** | \_\_\_\_\_

**DATA DI RILASCIO** |—|—| / |—| / |—| / |—|

**A. RICHIEDEN E (I)**

**Denominazione** | **BOCCOTTI Paolo**  
**Residenza** | **REGGIO CALABRIA**

**D. TITOLO**

**DIGA A CASSONI IN GRADO DI ASSORBIRE L'ENERGIA ONDOSA E TRASFORMARLA IN ENERGIA ELETTRICA**

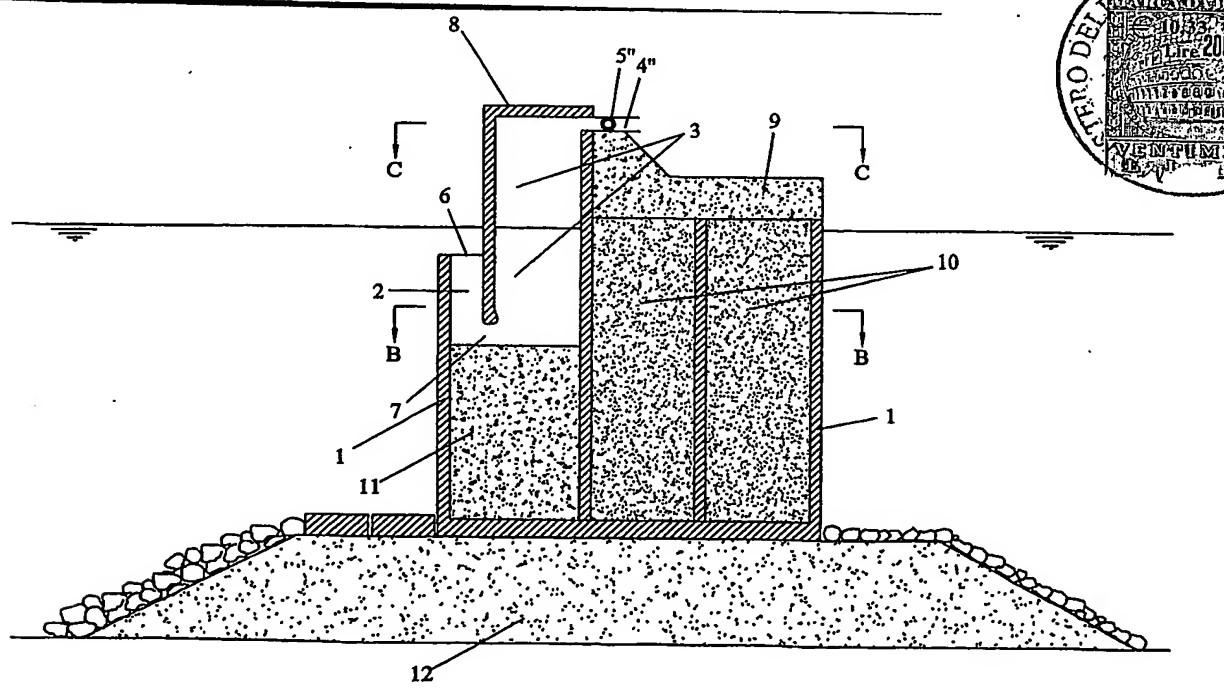
**classe proposta (sez/cl/scl)** | | | | |

**gruppo/sottogruppo** | | | | | | | | | |

## L. RIASSUNTO

Diga marittima a cassoni provvista di un condotto verticale 2, di una camera di assorbimento 8, e di condotti 4" colleganti detta camera 3 all'atmosfera e contenenti (ciascuno) una turbina di tipo self-rectifying 5" in grado di convertire il flusso d'aria alterno, in energia elettrica. Sotto l'azione delle onde che investono la diga, la pressione sull'imboccatura 6 fluttua, e, come conseguenza, l'acqua entra e esce (a fasi alterne) da detta apertura 6 e va a comprimere e decomprimere l'aria presente nella camera 3. Il periodo proprio delle oscillazioni all'interno dell'impianto cresce al crescere della lunghezza del condotto verticale 2. In condizioni prossime alla risonanza si prevede una capacità di assorbimento della energia ondosa, straordinariamente elevata.

M. DISEGNO



# **Best Available Copy**

P.B.

Descrizione dell'invenzione avente per titolo:

"DIGA A CASSONI IN GRADO DI ASSORBIRE L'ENERGIA ONDOSA  
E TRASFORMARLA IN ENERGIA ELETTRICA"

a nome del Signor BOCCOTTI PAOLO

a REGGIO CALABRIA

Inventore: Paolo Boccotti

---

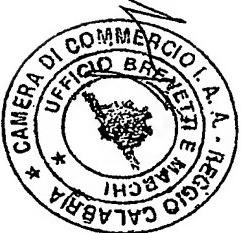
Settore della tecnica

L'invenzione introduce una diga marittima a cassoni che causa ridotti fenomeni di riflessione ed è in grado di convertire l'energia ondosa in energia elettrica.

Tecnica nota

Le dighe a cassoni (es. la diga foranea del porto di Genova) sono formate da cassoni in cemento armato che vengono affiancati l'uno all'altro, o solidarizzati tra loro, su uno scanno di fondazione sul fondo del mare. Una griglia di pareti verticali ortogonali tra loro suddivide il cassone in un certo numero di celle. I cassoni sono prefabbricati, rimorchiati in sito e affondati mediante versamento di sabbia nelle celle, dopodiché viene realizzata una sovrastruttura di calcestruzzo in opera.

Le dighe a cassoni sono eccellenti per difendere i porti, in quanto sono facili da realizzare e sono molto resistenti. Il difetto è che tali dighe riflettono quasi tutta l'energia ondosa incidente, e, come conseguenza esse vanno ad accrescere notevolmente l'altezza delle onde al largo, e a produrre altissimi getti verticali d'acqua. L'amplificazione del moto ondoso davanti alla diga è



P.B.

ovviamente di ostacolo alla navigazione. Gli alti getti verticali tracimano la diga e riversano grandi quantità d'acqua nel bacino protetto, andando ad ostacolare lo stazionamento dei natanti e le attività portuali.

Una modifica delle dighe a cassone è stata proposta nella domanda di brevetto (RM2001A000263). Si tratta di una diga che assorbe parte dell'energia ondosa e trasforma parte dell'energia assorbita in energia elettrica. Ciascun cassone viene modificato così da comprendere:

- (i) un condotto verticale esterno che si estende in larghezza lungo tutta la parete del cassone investita dall'onda, e si estende in altezza dalla base del cassone fino quasi al livello del mare;
- (ii) una camera di assorbimento alla base del cassone collegata a detto condotto verticale esterno, e comprendente una sacca d'aria in pressione; detta camera di assorbimento essendo tutta necessariamente sotto il livello del mare;
- (iii) alcuni serbatoi d'aria in pressione nella parte posteriore del cassone;
- (iv) una condotta d'aria che collega la camera di assorbimento ai serbatoi, passando attraverso la sovrastruttura;
- (v) una turbina di tipo self-rectifying come ad esempio la turbina di Wells (cfr. Raghunathan S., Progr. In Aerospace Sciences, 31, 1995), cioè una turbina in grado di convertire efficacemente una corrente d'aria di verso alterno, in energia elettrica; detta turbina essendo inserita nella condotta dell'aria;
- (vi) una stazione di pompaggio, con compressore e valvola di sfiato nella sovrastruttura.



RC2002A000008

P.B.

Il periodo proprio delle oscillazioni all'interno di tale impianto viene regolato via via a seconda delle caratteristiche del mare, attraverso una modifica dell'altezza della sacca d'aria (il che equivale a modificare la pressione dell'aria nell'impianto), o attraverso una modifica del volume totale dei serbatoi aperti (ovvero dei serbatoi la cui valvola di collegamento alla condotta d'aria è aperta).

Obiettivo della presente invenzione è introdurre una diga che riesca ad assorbire buona parte dell'energia ondosa incidente e a trasformarla in energia elettrica, e abbia:

- (i) le minori trasformazioni possibili rispetto al semplice schema delle dighe a cassoni tradizionali,
- (ii) la gestione più semplice possibile.

#### Descrizione dell'invenzione

L'obiettivo dell'invenzione viene ottenuto con una diga a cassoni modificati in modo che (v.fig. 1) ciascun cassone 1 comprenda:

- (i) un condotto verticale 2 esterno che si estende in larghezza lungo tutto il lato del cassone investito dall'onda, e si estende in altezza solo nella parte superiore del cassone;
- (ii) una camera di assorbimento 3 collegata a detto condotto verticale esterno, detta camera essendo parte al di sotto e parte al di sopra della superficie del mare, e avendo la propria base ad una quota maggiore della quota di base del cassone;
- (iii) un breve tratto di condotta d'aria collegante la camera d'assorbimento all'atmosfera;



RC2002A000008

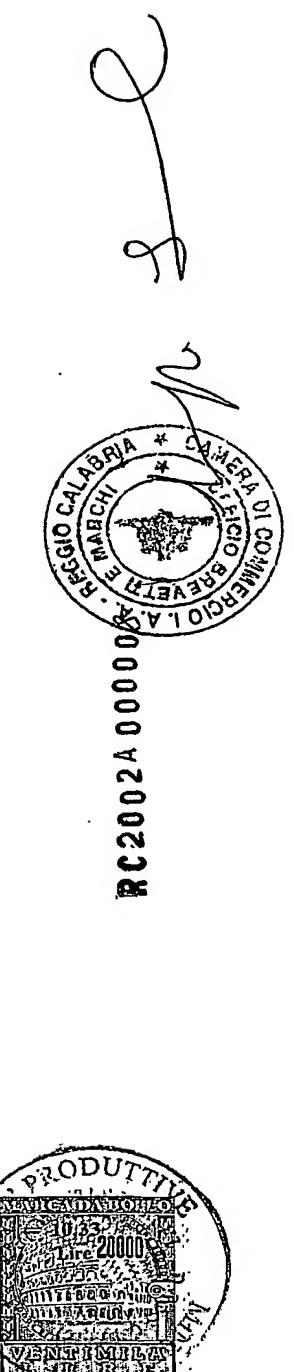
P. B.

(iv) una turbina self-rectifying 5 in detta condotta d'aria.

Il periodo proprio delle oscillazioni all'interno dell'impianto cresce al crescere della lunghezza del condotto verticale esterno, e al crescere del rapporto tra la larghezza della camera di assorbimento e la larghezza del condotto. Il periodo proprio viene fissato dal progettista in modo da risultare prossimo al periodo delle onde cui è associata la maggior parte dell'energia ondosa che investe la diga nel corso dell'anno.

Il principio di funzionamento è il seguente. Sotto l'azione delle onde che investono la diga, la pressione fluttua sull'imboccatura superiore del condotto verticale esterno. A causa di tali fluttuazioni l'acqua entra ed esce da detto condotto e va a comprimere e decomprimere l'aria presente nella parte superiore della camera di assorbimento. Le pulsazioni di pressione dell'aria nella camera di assorbimento producono un flusso d'aria alterno da detta camera all'atmosfera e di ritorno dall'atmosfera alla camera. Tale flusso d'aria aziona la turbina nel condotto.

In condizioni di risonanza, quando il periodo proprio delle oscillazioni all'interno dell'impianto è prossimo al periodo di picco dello spettro delle onde, si prevede che questo tipo di assorbitore sia in grado di performances straordinarie. Le simulazioni di calcolo indicano che l'impianto è in grado di assorbire addirittura più del 90% dell'energia delle onde incidenti. Le previsioni sulla capacità di assorbimento sono state fatte simulando numericamente le fluttuazioni di pressione prodotte dalle onde sull'imboccatura del condotto verticale esterno. Per tali simulazioni

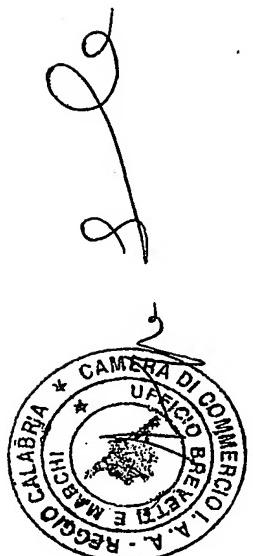


P.B.

numeriche ci si è avvalsi della teoria generale delle onde irregolari generate dal vento (cfr. P. Boccotti, Idraulica Marittima, UTET, 1997).

A fronte di tali eccellenti performances, l'impianto della presente invenzione richiede una gestione più semplice di quella dell'impianto della domanda RM2001A000263. Inoltre l'impianto della presente invenzione richiede un controllo più semplice in quanto non vi è la possibilità di perdite d'aria (la pressione media nella camera di assorbimento del presente impianto essendo pari alla pressione atmosferica).

Vorremmo notare infine che il sistema di assorbimento dell'energia ondosa della presente invenzione è nettamente diverso dai sistemi dei tradizionali impianti OWC (cfr. ad esempio Falcão A. F., Design and construction of the OWC wave power plant at the Azores, Int Seminar on Wave Power, London, 1999). Tali impianti sono formati da una scatola parzialmente immersa (v.fig. 2). L'apertura di collegamento con il mare negli OWC è verticale, e si assume che le onde entrino nell'impianto e subiscano solo una piccola deformazione da parte della parete verticale lato-mare (cfr. es. Sarmento A.J.H. e Falcão A.F., Journal of Fluid Mechanics 150, 1985). L'aria tra la superficie del mare e la copertura dell'impianto viene alternativamente compressa e decompressa dalle onde. Mentre nell'impianto della presente invenzione l'aria è compressa e decompressa da una corrente oscillante in un tubo a U. Il primo ramo del tubo a U è rappresentato dal condotto verticale 2 esterno. Il secondo ramo del tubo a U è rappresentato dalla camera 3. L'oscillazione nel tubo a U è forzata dalle fluttuazioni di pressione prodotte dalle onde sull'imboccatura del primo ramo del tubo.



RC2002A000008

P. B.

L'aria nella parte superiore del secondo ramo del tubo a U agisce come una molla.

#### Breve descrizione dei disegni

La fig. 1 rappresenta uno schema della sezione trasversale della diga della presente invenzione. La fig. 2 rappresenta uno schema della sezione trasversale di un convertitore OWC. Tali schemi sono stati utilizzati per illustrare la presente invenzione ed il suo carattere di novità.

Le figure 3, 4, 5 rappresentano, a scopo descrittivo e non limitativo, una forma preferita di realizzazione. Precisamente:

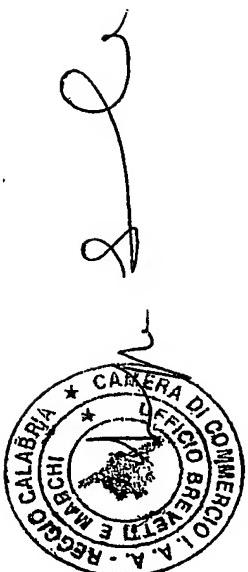
la fig. 3 rappresenta una sezione trasversale della diga fatta secondo il piano A-A di fig. 4;

la fig. 4 rappresenta una sezione orizzontale di un cassone della diga, fatta secondo il piano B-B di fig. 3;

la fig. 5 rappresenta una seconda sezione orizzontale di un cassone della diga, fatta secondo il piano C-C di fig. 3.

#### Forma di esecuzione preferita dell'invenzione

La diga della presente invenzione, come una diga a cassoni tradizionale, è formata da un insieme di cassoni semplicemente affiancati o solidarizzati tra loro, appoggiati su uno scanno di fondazione 12 sul fondo del mare, con le celle riempite di inerti 10 e/o calcestruzzo 11, e con una sovrastruttura 9 gettata in opera. La differenza rispetto ad una diga a cassoni tradizionale, riguarda la parte in alto, lato-mare della sezione. La modifica consiste nel realizzare un condotto verticale 2 e una camera 3 collegata a tale condotto e denominata "camera di assorbimento". Il predetto condotto verticale 2 si



RC2002A000008

P.B.

estende sostanzialmente lungo tutto il lato del cassone, battuto dall'onda. Detto condotto verticale presenta un'apertura superiore 6 ed un'apertura inferiore 7 di collegamento con la camera 3. La camera 3 si trova parte sotto il livello del mare e parte sopra.

In una prima forma preferita di realizzazione, alcune pareti divisorie 13', 13'' dividono il condotto verticale 2 e la camera di assorbimento 3 in sezioni indipendenti tra loro. Da ciascuna di dette sezioni della camera di assorbimento parte un condotto 4', 4'', 4''', che sbocca nell'atmosfera. Detto condotto 4', 4'', 4''' contiene una turbina self-rectifying 5', 5'', 5'''.

In una seconda forma preferita di realizzazione, le pareti divisorie 13', 13'', vicino alla copertura 8 della camera 3, sono provviste di grossi fori o finestre (non indicate nelle figure) che consentono la libera circolazione dell'aria da una sezione all'altra nella camera di assorbimento. In tale realizzazione ci saranno uno, o eventualmente più di uno, condotto 4', 4'', 4''' con la relativa turbina 5', 5'', 5'''.

I condotti 4', 4'', 4''' possono contenere anche una valvola a farfalla o una saracinesca (non indicata nelle figure) per la chiusura totale o parziale di detti condotti. La parzializzazione della sezione dei condotti potrebbe rendersi necessaria in caso di mareggiate molto forti, dove c'è la possibilità che l'acqua risalendo nella camera di assorbimento 3 possa espellere tutta l'aria dalla camera 3 medesima.

Si noti che i condotti 4', 4'' e 4''' possono anche essere privi di turbine. In tal caso non c'è più produzione di energia elettrica ma resta il fatto importante che la diga assorbe parte dell'energia ondosa e dunque limita la



RC2002A00008

P. B

riflessione ed i fenomeni negativi ad essa connessi i quali sono stati evidenziati nella tecnica nota.

### Applicabilità industriale

La diga della presente invenzione può sostituire le tradizionali dighe a cassoni, nella difesa dei porti. Le modifiche strutturali (rispetto alle dighe a cassoni tradizionali) sono ridotte al minimo: esse interessano soltanto la parte alta lato-mare della sezione della diga. L'impegno gestionale è anch'esso ridotto ad un minimo: per ogni cassone può essere sufficiente anche una sola turbina (con un diametro tipicamente dell'ordine di 1.5 m) e una valvola. A fronte di ciò, si hanno due importanti vantaggi: primo, si converte l'energia ondosa in energia elettrica; secondo, si ha un migliore comportamento idraulico della diga. Migliore, perché, grazie all'assorbimento di energia, si riduce la riflessione delle onde, e di conseguenza si migliorano le condizioni di navigabilità davanti al porto, e si riducono le tracimazioni d'acqua all'interno del porto.

Negli oceani, dove l'energia ondosa è maggiore grossomodo di un ordine di grandezza rispetto al Mediterraneo, la diga della presente invenzione potrebbe essere realizzata anche per l'unico scopo di produrre energia elettrica. Una soluzione interessante può essere realizzare una diga secondo la presente invenzione, a protezione di uno specchio acqueo nel quale realizzare poi degli impianti eolici offshore protetti dalle onde. La soluzione appare buona tenuto conto della tendenza in atto a realizzare gli impianti eolici in mare, e tenuto conto che le strutture di sostegno delle turbine eoliche non dovrebbero più essere dimensionate per resistere all'azione



RC2002A000008



P.B

delle onde. In questo modo si creerebbe un centro industriale integrato per lo sfruttamento di due diverse forme di energia rinnovabile.

8



8 € 200240000008

## RIVENDICAZIONI

1. Diga marittima a cassoni caratterizzata dal fatto che tutti o in parte i cassoni comprendono

- (i) un condotto verticale (2) che si estende sostanzialmente lungo tutto il lato del cassone (1) investito dall'onda, detto condotto (2) avendo un'apertura superiore di collegamento col mare, e un'apertura inferiore di collegamento con una camera (3);
- (ii) la camera (3) che si trova parte al di sotto e parte al di sopra del livello del mare; detta camera (3) estendendosi sostanzialmente lungo tutto il lato del cassone (1) investito dall'onda; detta camera (3) comunicando con il condotto verticale (2);
- (iii) uno o più condotti (4', 4'', 4''') colleganti detta camera (3) all'atmosfera.

2. Diga marittima a cassoni, secondo la rivendicazione 1, dove il condotto verticale (2) e la camera (3) sono divisi in sezioni indipendenti tra loro, da un certo numero di pareti divisorie verticali (13', 13'') ortogonali all'asse della diga.

3. Diga marittima a cassoni, secondo la rivendicazione 2, dove le pareti divisorie (13', 13'') hanno dei grandi fori o delle finestre nella parte di dette pareti prossima alla copertura (8) della camera (3).

4. Diga marittima a cassoni, secondo le rivendicazioni 1 o 2 o 3, dove il condotto o i condotti (4', 4'', 4''') sono provvisti di turbine per convertire il flusso alterno dell'aria in energia elettrica.

RC2002A000008



5. Diga marittima a cassoni, secondo le rivendicazioni 1 o 2 o 3 o 4, dove il condotto o i condotti (4', 4'', 4''') sono muniti di valvola a farfalla o di saracinesca per la chiusura totale o parziale di detti condotti.

Paolo Baccetti



RC2002A 000008

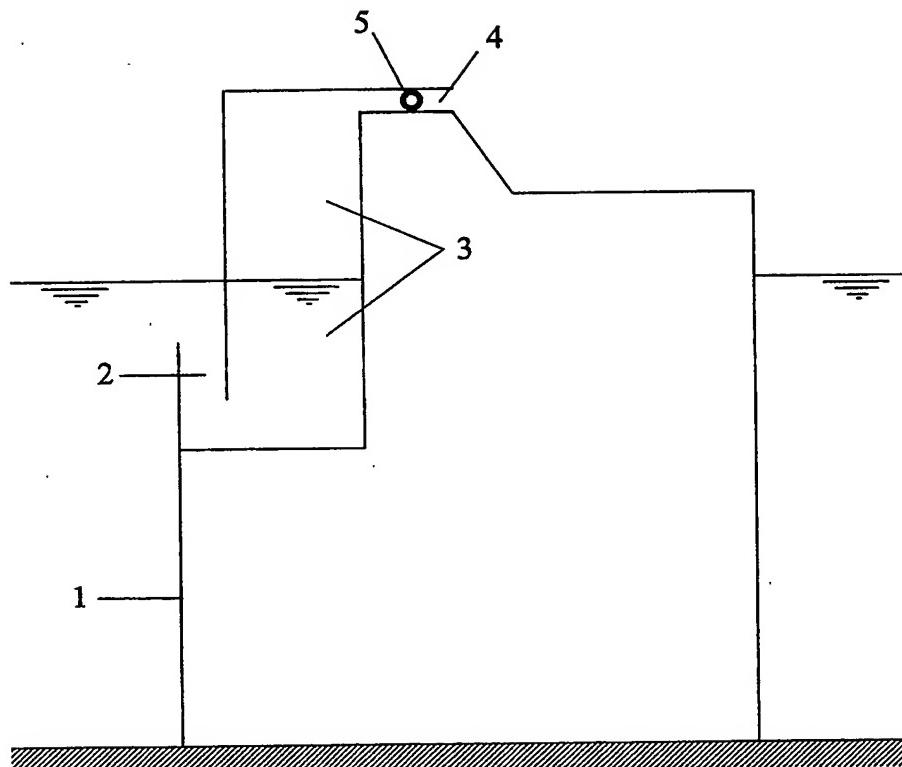


Fig.1

RC2002A000018



Paolo Boccotti

# Best Available Copy



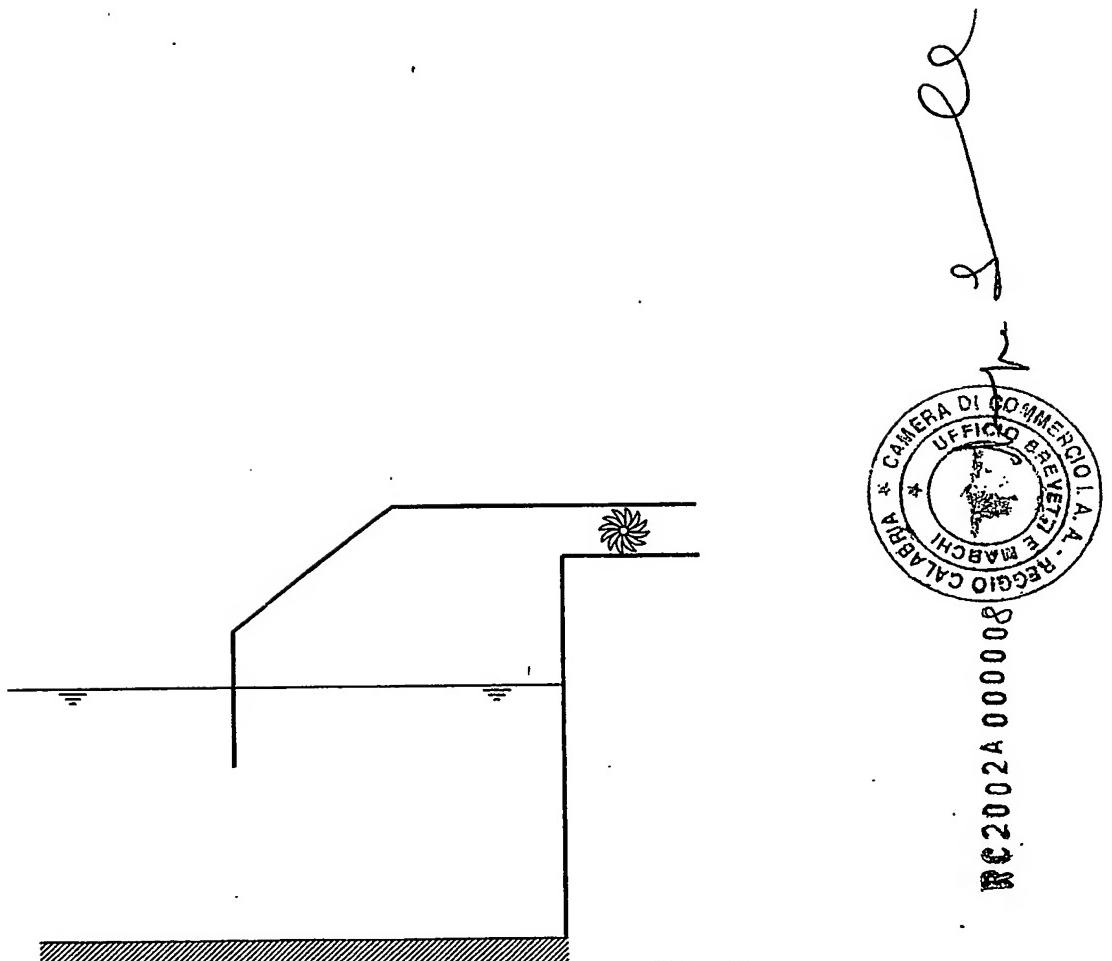


Fig.2

Polo Boccotti

Best Available Copy

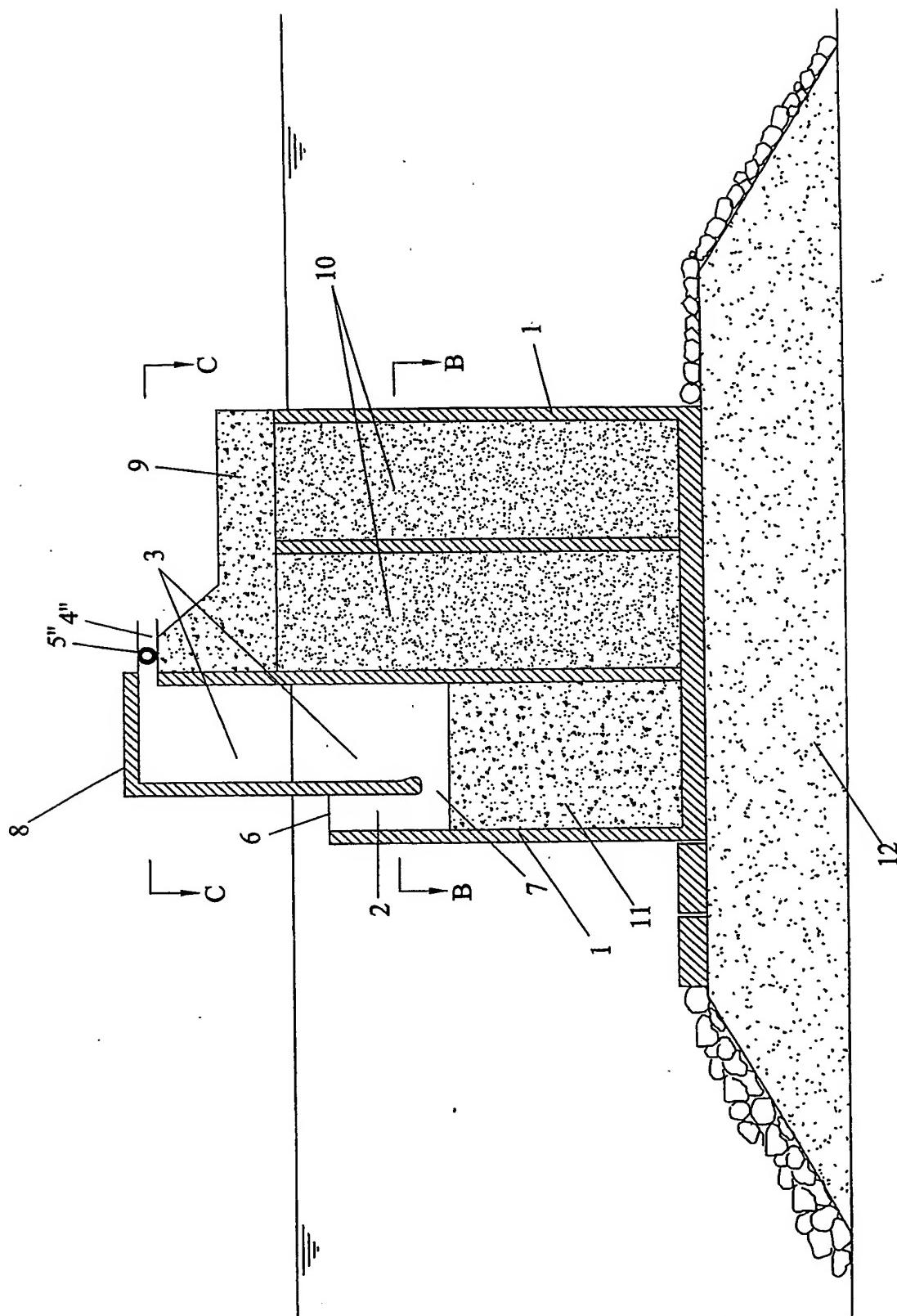
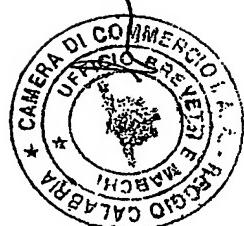


Fig.3



8820002A000008

Paolo Faccetti

Best Available Copy

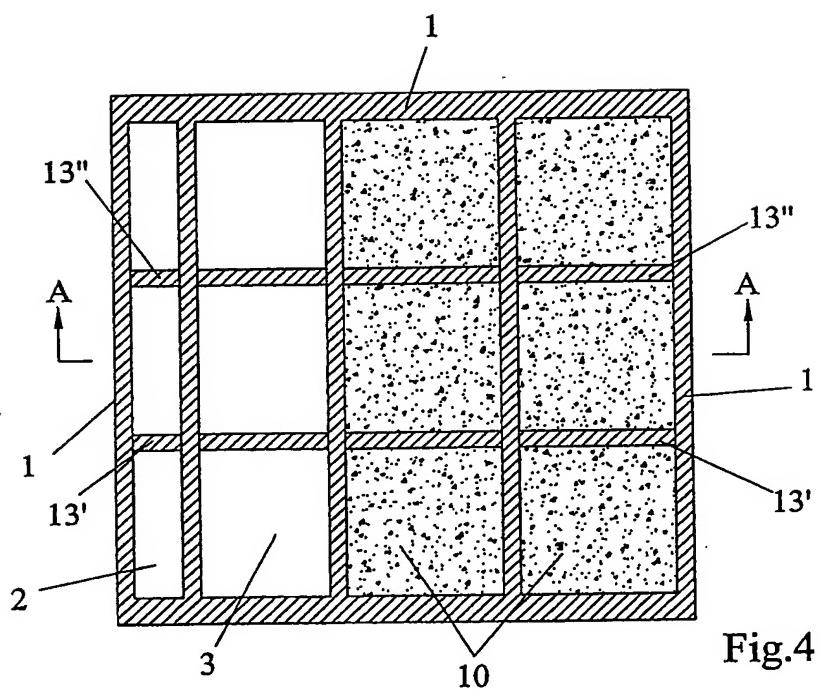


Fig.4



882002A000000

Paolo Boccaletti

Best Available Copy

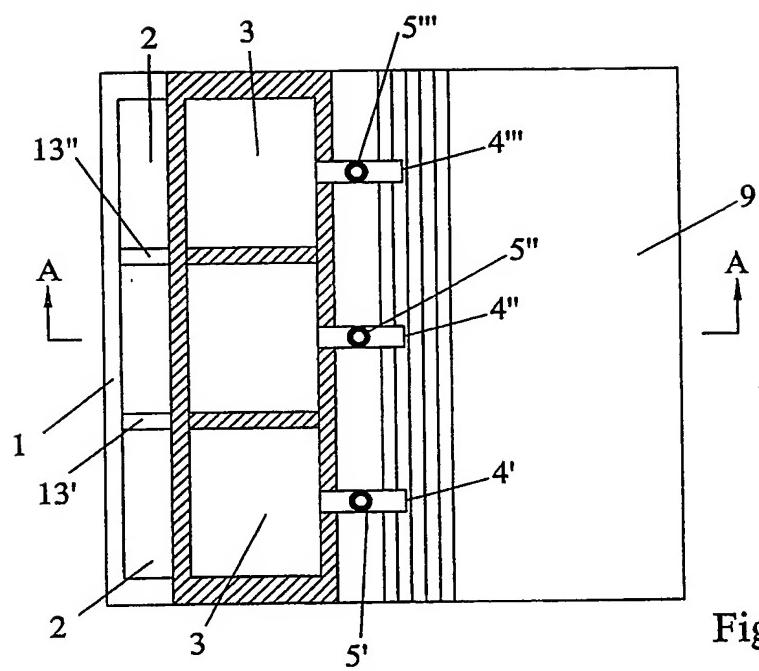
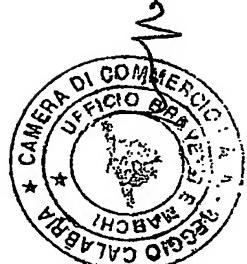


Fig.5



8002002A0000008



Paolo Boccotti

Best Available Copy